5Л

УДК 621.039.84

Г.Л. Логунова
Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «ИСКРА»
МОНС Украины, г. Луганск
official@iskra.lugansk.ua

Моделирование параметров радиоизотопных приборов досмотрового контроля

В статье рассмотрены возможности увеличения допустимого срока службы источника γ-излучения при использовании его в портативных приборах досмотрового контроля. Предлагается модель расчета показателей надежности на основе анализа физических процессов деградации объекта.

Введение

При осуществлении досмотрового контроля транспортных средств, для оперативного обнаружения несанкционированных вложений внутри конструкций без их вскрытия, в практике работы таможенных, пограничных и иных специальных служб все чаще применяются портативные носимые радиоизотопные приборы. Принцип их работы основан на регистрации аномального изменения плотности потока обратно – рассеянного гамма излучения при сканировании вдоль поверхности контролируемого объекта [1], [2].

Решение о наличии закладки в области сканирования принимается по критерию, предусмотренному в алгоритме работы прибора при подсчете количества зарегистрированных детектором импульсов. Факт обнаружения сопровождается звуковым сигналом. Дополнительно на цифровом индикаторе отображается зарегистрированное значение, которое является обобщенным показателем отражающих свойств контролируемого объекта и не несет никаких признаков метрологически контролируемого параметра.

Преимущества такой технологии связаны с возможностями ускорить процедуру досмотра и производить контроль на крупногабаритных объектах, например, водных и воздушных судах, по схеме с односторонним доступом, в тех условиях, когда невозможно использование стационарной досмотровой аппаратуры.

Приборы рассматриваемого класса выпускаются в США – детекторы Merlin 133 [3] и Buster K910B [4], России – детектор изменения плотности ДИП-А01М («Аспект», Дубна) [5], Беларуси – устройство поиска неоднородностей УПН-РМ1401М-П («Полимастер») [6]. В Украине, несмотря на осуществленную разработку детектора скрытых пустот «РОСЬ 4М» (НИПКИ «Искра», Луганск) [7], его производство не освоено.

Перспективы выхода на рынок и конкурентоспобность приборов могут быть обеспечены за счет снижения стоимости и эксплуатационных расходов, при высоком уровне технических показателей. Одной из составляющих конкурентоспособности аппаратуры является ее надежность.

Целью настоящей работы является обоснование характеристик, определяющих показатели надежности приборов досмотрового контроля с использованием источников гамма-излучения и построение модели расчета надежности источника γ-излучения.

Постановка задачи. Показателем надежности, определяющим эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью периодической замены источника γ-излучения, является срок службы источника γ-излучения. Ограничение срока службы источника γ-излучения связано с уменьшением его активности с течением времени до минимально допустимого значения. Необходимо определить допустимый срок службы источника γ-излучения и выявить возможные пути его повышения.

Методика расчета срока службы источника γ-излучения.

Для оценки показателей надежности предлагается метод расчета, основанный на применении математических моделей, описывающих процессы, приводящие к отказам объекта. Метод расчета показателей надежности на основе анализа физических процессов деградации объекта предусмотрен ДСТУ 2862-94. «Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги» [8].

Определяющим параметром, характеризующим состояние источника γ-излучения, является его активность. Активность источника не является постоянной, она уменьшается во времени в соответствии с периодом полураспада используемого в нем изотопа. Состояние прибора считается работоспособным, если значения его параметров соответствуют установленным требованиям. Показателями функционирования в рассматриваемом случае являются вероятность обнаружения закладки, толщина преграды, глубина и скорость сканирования.

Критерием отказа является снижение активности до минимально допустимого уровня $A_{t_{отк}}$, ниже которого использование источника является недопустимым в связи с выходом технических параметров прибора за установленные пределы.

Процесс деградации, обусловливающий изменение определяющего параметра (активности) описывается основным законом радиоактивного распада

$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t), \tag{1}$$

где N_0, N_t – число имеющихся радиоактивных ядер N на начальный момент времени t_0 и момент времени t, соответствующий времени наступления отказа; λ – постоянная распада.

Постоянная распада λ связана с периодом полураспада $T_{\frac{1}{2}}$ соотношением

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}. \tag{2}$$

Исходя из (1) активность определяется величиной

$$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N_0 \exp(-\lambda t). \tag{3}$$

С учетом (2) и (3) значение активности $A_{t_{отк}}$ на момент окончания срока службы, соответствующий времени наступления отказа $t_{отк}$:

$$A_{t_{отк}} = A_o \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} t_{отк}\right). \tag{4}$$

Решая уравнение (4), получим значение допустимого срока службы ИИИ

$$t_{отк} = -T_{\frac{1}{2}} \frac{\ln\left(\frac{A_{t_{отк}}}{A_0}\right)}{\ln 2}. \qquad (5)$$

Анализ полученного выражения (5) позволяет определить возможности увеличения допустимого срока службы источника γ-излучения при использовании его в портативных приборах досмотрового контроля.

Все существующие приборы такого класса [3-7], исходя из физики их работы, оснащены источниками гамма-излучения с радионуклидом ^{133}Ва. Таким образом, повысить допустимый срок службы за счет использования ИИИ с более продолжительным периодом полураспада не представляется возможным. Это может быть достигнуто либо путем повышения начальной активности, либо путем понижения минимально допустимого уровня активности до величины, все еще обеспечивающей работу прибора.

Повышение допустимой начальной активности ограничено необходимостью обеспечения требований радиационной защиты, основные принципы которой – *оправданности*, *непревышения* и *оптимизации* лежат в основе «Норм радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)» [9] и «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности Украины (ОСПУ-2005)» [10]. Согласно принципу оптимизации уровни индивидуальных доз и/или количество облучаемых лиц по отношению к каждому источнику излучения должны быть настолько низкими, насколько это может быть достигнуто с учетом экономических и социальных факторов.

Рассматриваемые приборы работают в режиме индикаторных приборов и не обладают контролируемыми метрологическими характеристиками, что позволяет использовать в них ИИИ активностью от $0{,}37 \times 10^6$ Бк до 1×10^6 Бк. Применение источников с такой активностью позволяет обеспечить мощность эквивалентной дозы на поверхности блока не более 1 мкЗв/час, а на расстоянии 0,1 м от поверхности блока не более 0,2 мкЗв/час, что согласуются с требованиями ОСПУ-2005 и обеспечивает выполнение принципа непревышения.

Понижение минимально допустимого уровня активности возможно за счет совершенствования алгоритмов обработки информации и оптимизации параметров измерительной схемы прибора.

Выводы

Предложенная на основе анализа физических процессов деградации объекта модель расчета позволяет оценить допустимый срок службы источника γ-излучения при использовании его в портативных приборах досмотрового контроля.

Увеличение продолжительности допустимого срока службы источника γ-излучения и периода его замены возможно путем понижения минимально допустимого уровня активности, для чего необходимы оптимизация параметров измерительной схемы и совершенствование алгоритмов принятия решения.

Литература

1. Дубровкина М.В. Перспективы применения детектора скрытых пустот на основе эффекта обратного рассеяния гамма-излучения при контроле транспортных средств / М.В. Дубровкина, А.В. Калюжный // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2010 : збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон : Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – С. 27-31.

2. Калюжный А.В. Исследование методов контроля скрытых пустот различными способами / А.В. Калюжный // Адаптивні системи автоматичного управління : міжвідомчий науково-технічний збірник. – Днепропетровск : Системні технології, 2007. – Вып. 10 (30). – С. 54-62.
3. Merlin133-Contraband Detector-Density Meter Product Description [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.roadside-access.com/merlin133-contraband-detector.html.
4. Buster K910B Contraband Detector Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.sasrad.com/products/buster/specifications.php
5. Детектор изменения плотности (Детектор «контрабанды») ДИП-А01М [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://aspect.dubna.ru/new/page. php?page=381.
6. Polimaster Устройство поиска неоднородностей УПН-РМ1401М-П (Детектор контрабанды) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.polimaster.ru/products/ contraband_detector/ pm1401t/.
7. НИПКИ «Искра». Детектор скрытых пустот «РОСЬ 4М». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://iskra.lugansk.ua/index.php?lang=ru&page=sci-tech-prod/contraband
8. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. Введ.: 01.01.96. – К. : Держстандарт України, 1995. – 38 с.
9. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): затверджено наказом МОЗ України від 14.07.1997 р. № 208; введено в дію постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1997 р. № 62.
10. ДСП 6.177-2005-09-02. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України: затверджено наказом МОЗ України від 02.02.2005 № 54; зареєстр. в Мін'юсті України 20.05.2005 р. за № 552/10832.

Literatura

1. Dubrovkina M.V. Suchasni informacijni ta innovacijni tehnologii na transporti MINTT-2010: Zbirka naukovyh prac' Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii. Herson: Vidavnictvo Hersons'kogo derzhavnogo mors'kogo institutu. 2010. S. 27-31.
2. Kaljuzhnyj A.V. Adaptyvni systemy avtomatychnogo upravlinnja: Mizhvidomchij naukovo-tehnichnij zbirnyk. Dnepropetrovsk: Systemni tehnologii. Vyp. 10 (30). 2007. S. 54-62.
3. Merlin133-Contraband Detector-Density Meter Product Description. http://www.roadside-access.com/ merlin133-contraband-detector.html
4. Buster K910B Contraband Detector Specifications. http://www.sasrad.com/products/buster/specifications.php
5. Detektor izmenenija plotnosti (Detektor "kontrabandy") DIP-A01M http://aspect.dubna.ru/new/page. php?page=381
6. Polimaster Ustrojstvo poiska neodnorodnostej UPN-RM1401M-P (Detektor kontrabandy) http://www.polimaster. ru/products/ contraband_detector/ pm1401t/
7. NIPKI "Iskra". Detektor skrytyh pustot "ROS'' 4M". http://iskra.lugansk.ua/index.php?lang=ru&page= sci-tech-prod/contraband
8. DSTU 2862-94. Nadijnist' tehniky. Metody rozrahunku pokaznykiv nadijnosti. Zagal'ni vymogy. Vved.: 01.01.96. K.: Derzhstandart Ukrainy. 1995. 38 s.
9. DGN 6.6.1.-6.5.001-98. Normy radiacijnoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97): zatverdzheno nakazom MOZ Ukrainy vid 14.07.1997 r. № 208; vvedeno v diju postanovoju Golovnogo derzhavnogo sanitarnogo likarja Ukraine vid 01.12.1997 r. № 62.
10. DSP 6.177-2005-09-02. Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennja radiacijnoi bezpeki Ukrainy: zatverdzheno nakazom MOZ Ukraine vid 02.02.2005. № 54; zarejestr. v Min'justi Ukrainy 20.05.2005 r. za № 552/10832.

Г.Л. Логунова

Моделювання параметрів радіоізотопних приладів оглядового контролю

У статті розглядаються можливості збільшення припустимого терміну служби джерела γ-випромінювання при використанні його в портативних приладах оглядового контролю. Пропонується модель розрахунку показників надійності на основі аналізу фізичних процесів деградації об'єкта.

G.L. Logunova

Modelling of Parameters of Radioisotope Portable Inspection Instruments

The article considers the possibility of increase of an allowable operating life of a gamma radiation source using it in portable inspection instruments. The model of reliability calculations based on the analysis of physical processes of degradation of object is offered.

Статья поступила в редакцию 15.06.2011.